

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-19523

(P2004-19523A)

(43) 公開日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
F O 1 N 3/02	F O 1 N 3/02 3 2 1 K	3 G O 8 4
B O 1 D 39/14	B O 1 D 39/14 B	3 G O 9 0
F O 1 N 3/18	F O 1 N 3/18 C	3 G O 9 1
F O 2 D 41/14	F O 2 D 41/14 3 1 0 K	3 G 3 0 1
F O 2 D 45/00	F O 2 D 45/00 3 1 4 Z	4 D O 1 9
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-174467 (P2002-174467)	(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成14年6月14日 (2002.6.14)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100067596 弁理士 伊藤 求馬
		(72) 発明者	斉藤 誠 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	矢羽田 茂人 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	窪島 司 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		最終頁に続く	

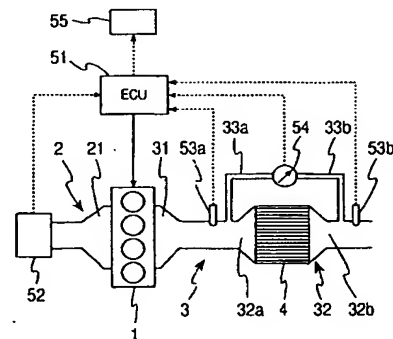
(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気ガス浄化装置

## (57) 【要約】

【課題】 ディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) の再生時期を簡単かつ高精度に判じることができるようにすることである。

【解決手段】 DPF 32 の差圧  $\Delta P$  を検出する差圧センサ 54 と、排気通路 3 の流速  $v$  を検出するエアフローメータ 52 とを設け、ECU 51 で、排気微粒子堆積量  $ML$  を、発明者らの知見に基づいてなされた次式  $ML = [\Delta P - (A\mu v + C\rho v^2)] / (B\mu v + D\rho v^2)$  により算出し、算出堆積量  $ML$  を基準の堆積量と比較する判定式に基づいて再生するか否かを判じようにする。マップのような大規模化する手段によることなく高精度に堆積量を求められる。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

排気通路の途中に、排気微粒子を捕集するパティキュレートフィルタを有する内燃機関の排気ガス浄化装置において、

前記パティキュレートフィルタの入口側と出口側との間の差圧を検出する差圧検出手段と

、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの流速を検出する流速検出手段と、

前記パティキュレートフィルタに堆積した排気微粒子の堆積量の多少を検出差圧と検出流速とに基づいて判定する判定式にしたがって、前記パティキュレートフィルタを再生するか否かを決定する再生決定手段とを具備し、

前記判定式は、前記差圧を $\Delta P$ 、前記流速を $v$ 、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの粘度を $\mu$ 、前記排気ガスの密度を $\rho$ とし、定数 $M$ 、 $N$ を用いて、 $\Delta P \geq M\mu v + N\rho v^2$  と等価であり、これを満たしたときに前記パティキュレートフィルタの再生が許容されることを特徴とする内燃機関の排気ガス浄化装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記再生決定手段は、堆積量を、これを $ML$  とし、定数 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ を用いて、

$ML = [\Delta P - (A\mu v + C\rho v^2)] / (B\mu v + D\rho v^2)$  により算出するように設定し、かつ、前記判定式を、算出された堆積量を予め設定した堆積量と大小を比較する判定式とした内燃機関の排気ガス浄化装置。

20

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記再生決定手段は、前記堆積量の算出式が、定数 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ がそれぞれ異なる値をとる 2 種類の算出式であって、一方の算出式が予め設定した基準値以下の範囲の堆積量に対して適合し、他方の算出式が前記基準値以上の範囲の堆積量に対して適合する算出式が記憶されており、

算出式により算出された堆積量とその算出式が適合する堆積量の範囲を外れると、堆積量を残りの算出式により算出し直すように設定した内燃機関の排気ガス浄化装置。

## 【請求項 4】

請求項 2 または 3 いずれか記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記パティキュレートフィルタが、これに堆積した排気微粒子を酸化燃焼する酸化触媒を有するパティキュレートフィルタであり、

前記パティキュレートフィルタの再生中に、算出堆積量の低下状態を検出する堆積量低下状態検出手段と、

算出堆積量の低下が遅いほど、前記酸化触媒が劣化しているものと判定する触媒劣化判定手段とを具備せしめた内燃機関の排気ガス浄化装置。

30

## 【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 いずれか記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの温度を検出する温度検出手段を具備せしめ、

前記再生決定手段を、予め記憶した排気ガスの粘度と温度との対応関係に基づいて、検出温度から前記粘度 $\mu$ を求めるように設定した内燃機関の排気ガス浄化装置。

40

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 いずれか記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの温度を検出する温度検出手段を具備せしめ、

前記再生決定手段を、予め記憶した排気ガスの密度と温度との対応関係に基づいて、検出温度から前記密度 $\rho$ を求めるように設定した内燃機関の排気ガス浄化装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 いずれか記載の内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記流速検出手段には、

内燃機関の吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段と、吸入空気量に、噴射燃料の燃焼で増大する体積分を加算して、これを、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガ

50

スの体積流量とする補正手段とを具備せしめ、体積流量から流速に換算するようにした内燃機関の排気ガス浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気ガス浄化装置に関し、特にパティキュレートフィルタを再生する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、自動車等に搭載される内燃機関では、排気エミッションの向上が要求されており、特に軽油を燃料とする圧縮着火式のディーゼルエンジンでは、CO、HC、NO<sub>x</sub>に加え、排気ガス中に含まれる煤やSOF等の排気微粒子を除去することが必要になる。このため、排気通路にパティキュレートフィルタを配置し、ここで、排気ガス中の排気微粒子を捕集している。

【0003】

パティキュレートフィルタは、流入した排気ガスに多孔質の隔壁を透過させ、その際に、隔壁の表面や細孔で排気ガス中の排気微粒子を捕集する。捕集されて堆積する量が過剰に増えると、パティキュレートフィルタにおける流通抵抗の増大で内燃機関の背圧が上昇し、出力の低下等をもたらす。このため、パティキュレートフィルタに捕集された排気微粒子をパティキュレートフィルタから適宜、除去してパティキュレートフィルタを再生し、パティキュレートフィルタの排気微粒子捕集能力を回復させる必要がある。

【0004】

パティキュレートフィルタの再生を内燃機関の運転中に可能としたものとして、パティキュレートフィルタに白金等の酸化触媒を設けて、酸化触媒の酸化作用を利用したものがある。このものでは、例えば排気行程において燃料を噴射するポスト噴射により燃料をパティキュレートフィルタに供給し、その燃焼熱を利用して、噴射燃料に比して酸化しにくい堆積排気微粒子を酸化、除去する。

【0005】

パティキュレートフィルタの再生は頻繁に行うと燃費が悪化し、一方、次に再生するまでの間が空きすぎると、排気微粒子の堆積量が過剰で、再生処理において排気微粒子が急激に燃焼し、パティキュレートフィルタが異常な高温となり、破損するおそれがある。このため、排気微粒子の堆積量の多少を判断し、再生時期を決定するのが望ましい。特開平7-332065号には、パティキュレートフィルタへの排気微粒子の堆積量の増大による前記通気抵抗の増大で、パティキュレートフィルタの入口と出口との間の差圧が増大することを利用して、この差圧を検出し、検出差圧が所定値を越えると再生すべき時期と判じるものが開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記特開平7-332065号の技術では、内燃機関の運転状態によって、同じ大きさの差圧が検出されても排気微粒子の堆積量が異なり、必ずしも十分な精度で排気微粒子の堆積量の多少を判断することができない。運転状態別の詳細なマップを記憶しておくことが考えられるが、大きな記憶容量が必要になり、簡単ではない。

【0007】

本発明は前記実情に鑑みなされたもので、簡単な構成で、再生時期を適正に決定し得る内燃機関の排気ガス浄化装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、パティキュレートフィルタに関し、排気微粒子の堆積と、これが排気ガスの流通におよぼす影響について鋭意実験研究を重ねた結果、パティキュレートフィルタの入口側と出口側との間の差圧、すなわちパティキュレートフィルタにおける圧力損失を $\Delta P$

、パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの流速を $v$ 、排気ガスの粘度を $\mu$ 、排気ガスの密度を $\rho$ とすると、モデル式  $\Delta P = M \mu v + N \rho v^2$  の関係を満たし、係数 $M$ 、 $N$ が排気微粒子の堆積量が多いほど、大きな値をとることがわかった。詳しくは、 $M$ 、 $N$ は、実質的に、堆積量 $ML$ の一次関数形をとり、堆積量がある値を越えると、堆積量 $ML$ に対する $M$ 、 $N$ の変化率が小さくなる。この、ある値を挟む前後で異なる傾向を示すのは、パティキュレートフィルタにおける圧力損失が、最初は、パティキュレートフィルタの細孔のうちの、排気微粒子が詰まっている細孔の割合で増大するのに対して、細孔が排気微粒子により略詰まってしまうと、排気微粒子の堆積層の厚さに応じて増大するためと認められる。本発明はかかる知見に基づきなされたものである。

#### 【0009】

請求項1記載の発明では、排気通路の途中に、排気微粒子を捕集するパティキュレートフィルタを有する内燃機関の排気ガス浄化装置において、前記パティキュレートフィルタの入口側と出口側との間の差圧を検出する差圧検出手段と

、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの流速を検出する流速検出手段と、前記パティキュレートフィルタに堆積した排気微粒子の堆積量の多少を検出差圧と検出流速とに基づいて判定する判定式にしたがって、前記パティキュレートフィルタを再生するか否かを決定する再生決定手段とを具備する構成とする。

かつ、前記判定式は、前記差圧を $\Delta P$ 、流速を $v$ 、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの粘度を $\mu$ 、前記排気ガスの密度を $\rho$ とし、定数 $M$ 、 $N$ を用いて、 $\Delta P \geq M \mu v + N \rho v^2$  と等価であり、これを満たしたときに前記パティキュレートフィルタの再生が許容されるものである。

#### 【0010】

前記のごとく、パティキュレートフィルタにおける排気ガスの流通に関し、 $\Delta P = M \mu v + N \rho v^2$  の関係が成り立つので、 $M$ 、 $N$ を基準の堆積量に対して求めておけば、前記判定式から排気微粒子の堆積量の多少について正確に判断することができる。しかも、式を記憶しておけばよいので、記憶するデータのサイズがマップのように大規模化しない。

#### 【0011】

請求項2記載の発明では、請求項1の発明の構成において、前記再生決定手段は、堆積量を、これを $ML$ とし、定数 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ を用いて、 $ML = [\Delta P - (A \mu v + C \rho v^2)] / (B \mu v + D \rho v^2)$  により算出するように設定し、かつ、前記判定式を、算出された堆積量を予め設定した堆積量と大小を比較する判定式とする。

#### 【0012】

前記のごとく $M$ 、 $N$ が堆積量 $ML$ の一次関数形をとるので、前記モデル式  $\Delta P = M \mu v + N \rho v^2$  において、前記 $ML$ の算出式が成り立つ。排気微粒子の堆積量が客観的に知られる。

#### 【0013】

請求項3記載の発明では、請求項2の発明の構成において、前記再生決定手段は、前記堆積量の算出式が、定数 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ がそれぞれ異なる値をとる2種類の算出式であって、一方の算出式が予め設定した基準値以下の範囲の堆積量に対して適合し、他方の算出式が前記基準値以上の範囲の堆積量に対して適合する算出式が記憶されており、算出式により算出された堆積量とその算出式が適合する堆積量の範囲を外れると、堆積量を残りの算出式により算出し直すように設定する。

#### 【0014】

パティキュレートフィルタにおける圧力損失に対する支配要因が変わっても、より適切な判定式が選択されるので、より正確に排気微粒子の堆積量が知られる。

#### 【0015】

請求項4記載の発明では、請求項2または3の発明の構成において、前記パティキュレートフィルタが、これに堆積した排気微粒子を酸化燃焼する酸化触媒を有するパティキュレ

10

20

30

40

50

ートフィルタであり、

前記パティキュレートフィルタの再生中に、算出堆積量の低下状態を検出する堆積量低下状態検出手段と、

算出堆積量の低下が遅いほど、前記酸化触媒が劣化しているものと判定する触媒劣化判定手段とを具備せしめる。

#### 【0016】

酸化触媒が劣化しその酸化能力が低下すると、パティキュレートフィルタの再生中において、堆積した排気微粒子の燃焼速度が鈍るため、堆積量の低下速度が鈍る。したがって、算出堆積量の低下状態に基づいて、パティキュレートフィルタの故障の有無や劣化を判断することができる。

#### 【0017】

請求項5記載の発明では、請求項1ないし4の発明の構成において、パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの温度を検出する温度検出手段を具備せしめ、前記再生決定手段を、予め記憶した排気ガスの粘度と温度との対応関係に基づいて、検出温度から前記粘度 $\mu$ を求めるように設定する。

#### 【0018】

排気ガスの粘度 $\mu$ がより正確に知られるので、より適切な判定式を与えることができる。

#### 【0019】

請求項6記載の発明では、請求項1ないし5の発明の構成において、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの温度を検出する温度検出手段を具備せしめ、前記再生決定手段を、予め記憶した排気ガスの密度と温度との対応関係に基づいて、検出温度から前記密度 $\rho$ を求めるように設定する。

#### 【0020】

排気ガスの密度 $\rho$ がより正確に知られるので、より適切な判定式を与えることができる。

#### 【0021】

請求項7記載の発明では、請求項1ないし6の発明の構成において、前記流速検出手段には、

内燃機関の吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段と、吸入空気量に、噴射燃料の燃焼で増大する体積分を加算して、これを、前記パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの体積流量とする補正手段とを具備せしめ、体積流量から流速に換算するようにする。

#### 【0022】

噴射燃料が気筒内で燃焼すると、燃焼に供された燃料の量に応じて、排気ガスの体積流量が、吸入空気量よりも増大する。したがって、排気微粒子を含む排気ガスを直接、測定することなく、排気ガスの体積流量を正確に求めることができる。パティキュレートフィルタを流通する排気ガスの流速は、パティキュレートフィルタの形状などで規定される係数で比例関係にあるから、体積流量から換算することができる。

#### 【0023】

気筒からの、排気微粒子を含む排気ガスの流量を直接、検出するとすれば、検出用のセンサが排気微粒子による汚れで検出特性への影響があるが、比較的清浄な吸入空気の流量を検出すればよいから、検出特性への影響がなく、排気ガスの流速について信頼性の高い検出が可能となる。

#### 【0024】

また、通常の内燃機関には吸入空気量検出手段であるエアフローメータが付設されており、ここで検出された吸入空気量をそのまま用いることができるから、構成が簡単である。

#### 【0025】

#### 【発明の実施の形態】

図1に本発明を適用した第1実施形態になるディーゼルエンジンの構成を示す。ディーゼルエンジンは、4気筒を備えたエンジン本体1に、吸気通路2の最下流部である吸気マニホールド21と、排気通路3の最上流部である排気マニホールド31とが接続され、排気通路3は、排気マニホールド31の集合部にパティキュレートフィルタ32が連なっている。

10

20

30

40

50

る。パティキュレートフィルタ 3 2 は、コーディエライトや炭化珪素等の多孔質セラミック製のハニカム構造体の流路を目封じしてフィルタ本体 4 を形成したもので、入口 3 2 a から流入したエンジン本体 1 の各気筒からの排気ガスが、多孔質の隔壁を透り、出口 3 2 b から下流へと流れていく。このとき、パティキュレートフィルタ 3 2 には、排気ガスに含まれる排気微粒子が捕集され、走行距離に応じて堆積していく。また、パティキュレートフィルタ 3 2 のフィルタ本体 4 の表面には白金やパラジウム等の貴金属を主成分とする酸化触媒が担持されており、所定の温度条件下で排気微粒子を酸化、燃焼し、除去する。

#### 【0026】

エンジン本体 1 のインジェクタ等、エンジン各部を制御する ECU 5 1 が設けられている。

10

#### 【0027】

ECU 5 1 には、運転状態を示す種々の信号が入力している。この中には、パティキュレートフィルタ 3 2 に堆積する排気微粒子の堆積量を知るための信号も含まれており、そのためのセンサが設けられている。すなわち、排気通路 3 には管壁を貫通して温度検出手段である温度センサ 5 3 a, 5 3 b が設けてあり、排気温度を検出するようになっている。温度センサ 5 3 a, 5 3 b はパティキュレートフィルタ 3 2 の直上流と直下流とのそれぞれに設けられている。温度センサ 5 3 a の検出温度は、パティキュレートフィルタ 3 2 の入口 3 2 a における、流通する排気ガスの温度であり、以下、DPF 入口温度という。温度センサ 5 3 b の検出温度は、パティキュレートフィルタ 3 2 の出口 3 2 b における、流通する排気ガスの温度であり、以下、DPF 出口温度という。

20

#### 【0028】

また、排気通路 3 には、パティキュレートフィルタ 3 2 の直上流側で分岐する第 1 の分岐通路 3 3 a と、パティキュレートフィルタ 3 2 の直下流側で分岐する第 2 の分岐通路 3 3 b とが接続され、両分岐通路 3 3 a, 3 3 b に介設された差圧検出手段である差圧センサ 5 4 が、パティキュレートフィルタ入口 3 2 a とパティキュレートフィルタ出口 3 2 b との差圧を検出するようになっている。この差圧はパティキュレートフィルタ 3 2 における圧力損失を示している。

#### 【0029】

また、吸気通路 2 には吸入空気量検出手段であるエアフローメータ 5 2 が設けられ、吸入空気量を検出するようになっている。

30

#### 【0030】

その他、ECU 5 1 に、アクセル開度、冷却水温等の運転状態を示すパラメータが入力しているのは勿論である。

#### 【0031】

ECU 5 1 はマイクロコンピュータを中心に構成された一般的な構成のもので、その ROM には、内燃機関各部を制御するための制御プログラムの他、パティキュレートフィルタ 3 2 の排気微粒子の堆積量を算出するプログラムや、この算出プログラムで用いられる判定式を特定する情報が格納されている。判定式については後述する。算出された堆積量に基づいてパティキュレートフィルタ 3 2 を再生するか否かが判断される。

#### 【0032】

図 2 に、ECU 5 1 で実行されるパティキュレートフィルタ 3 2 の再生に関する制御内容を示す。まずステップ S 1 0 1 で、DPF 温度、吸入空気量、圧力損失を取り込む。DPF 温度は、DPF 入口温度と DPF 出口温度より演算処理して求める。DPF 入口温度は変動が大きいので一次遅れフィルタによる処理を経たものを用いるのがよい。吸入空気量はここでは質量流量である。

40

#### 【0033】

ステップ S 1 0 2 は、ECU 5 1 の、補正手段としての処理で、ECU 5 1 はエアフローメータ 5 2 とともに流速検出手段を構成する。ステップ S 1 0 2 では、まず、排気ガスの体積流量を算出する。算出は式 (1) にしたがって算出する。なお、エアフローメータ 5 2 は、吸気マニホールド 2 1 の上流位置に配されている。

50

$$\begin{aligned}
 & \text{体積流量 (m}^3 \text{ / sec)} \\
 &= [\text{吸入空気量 (g / sec) / 28.8 (g / mol)}] \\
 &\times 22.4 \times 10^{-3} \text{ (m}^3 \text{ / mol)} \\
 &\times [\text{DPF温度 (K) / 273 (K)}] \\
 &\times [\text{大気圧 (kPa) / (大気圧 (kPa) + 差圧 (kPa))}] \\
 &+ \text{燃料噴射量 (cc / sec) / 207.3 (g / mol)}] \\
 &\times 0.84 \text{ (g / cc)} \times 6.75 \text{ (mol)} \\
 &\times 22.4 \times 10^{-3} \text{ (m}^3 \text{ / mol)} \\
 &\times [\text{大気圧 (kPa) / (大気圧 (kPa) + 差圧 (kPa))}] \cdots (1)
 \end{aligned}$$

【0034】

10

式(1)の第1項は吸入吸気量を質量流量から体積流量に変換したものである。第2項は、噴射燃料の燃焼で、吸入空気量に対して増大する排気ガスの増量分である。第2項中、0.84 (g/cc) は軽油の代表的な液密度である。6.75 (mol) は燃料噴射量 1 (mol) に対する増量分のモル数である。

【0035】

増量分 (6.75 (mol)) については以下のように得ている。軽油の組成は代表的には、 $C_{15}H_{27.3}$  (分子量 207.3) と表され、燃焼時の反応式は次の通りである。

【0036】



20

【0037】

したがって、燃料噴射量 1 mol に対し、6.75 (= (15 + 13.5) - 21.75) mol のモル数の増加がある。

【0038】

また、燃料噴射は ECU 51 で決定される所定の噴射時期にのみ噴射され、間欠的な噴射となる。式(1)中の燃料噴射量は、非噴射期間も合わせた平均的な燃料噴射量である。

【0039】

排気ガスの体積流量は、パーティキュレートフィルタ 3.2 の有効通路面積で除して、流速に換算される。

【0040】

30

ステップ S103 では、排気ガスの粘度  $\mu$  を DPF 温度に基づいて算出する。これは、所定の演算式若しくはマップに基づいて行う。図 3 に排気ガスの粘度と温度の対応関係を示す。

【0041】

ステップ S103 ではまた、排気ガスの密度  $\rho$  を DPF 温度に基づいて算出する。これは、所定の演算式若しくはマップに基づいて行う。図 4 に排気ガスの密度と温度の対応関係を示す。

【0042】

ステップ S104 では、排気微粒子の堆積量 (以下、適宜、PM 堆積量という) を算出する。PM 堆積量の算出式として、次の式 (2-1)、式 (2-2) を ROM に格納している。式中、ML は堆積量、 $\Delta P$  は圧力損失、 $v$  は流速である。式 (2-1) の A1, B1, C1, D1、式 (2-2) の A2, B2, C2, D2 は定数である。

【0043】

$$ML = [\Delta P - (A1 \mu v + C1 \rho v^2)] / (B1 \mu v + D1 \rho v^2) \cdots (2-1)$$

$$ML = [\Delta P - (A2 \mu v + C2 \rho v^2)] / (B2 \mu v + D2 \rho v^2) \cdots (2-2)$$

【0044】

式 (2-1)、式 (2-2) について説明する。

50

## 【0045】

発明者らは、パティキュレートフィルタについて排気微粒子の堆積と、これが排気ガスの流通におよぼす影響について鋭意実験研究を重ねた結果、次の知見を得た。パティキュレートフィルタ32における圧力損失 $\Delta P$ と流速 $v$ との間には、モデル式として式(3)の関係があり、係数 $M$ 、 $N$ がPM堆積量が多いほど、大きな値をとることがわかった。

$$\Delta P = M \mu v + N \rho v^2 \quad \cdots (3)$$

## 【0046】

また、圧力損失 $\Delta P$ はPM堆積量 $ML$ に対して一次関数形で変化することが分かった。さらに、この変化は、図5に示すように、PM堆積量 $ML$ がある大きさ(以下、適宜、遷移点堆積量という)になる点(以下、適宜、遷移点という)で傾きが不連続に変化する。

## 【0047】

これは、以下のように、パティキュレートフィルタ32における圧力損失についての理論的なモデルからも導き出される結論であることを発明者らは確認した。図6はパティキュレートフィルタ32内を表したもので、入口32aから流入した排気ガスが出口32bから流出するまでの間に、管摩擦による圧力損失、通路断面積が急拡大したり急縮小することによる圧力損失、フィルタ本体4の隔壁を透過する際の圧力損失がある。以下に各圧力損失 $\Delta P_i$ について説明する。

## 【0048】

(通路の摩擦による圧力損失)

この圧力損失 $\Delta P_i$ について式(4)と書ける。式中、 $\lambda$ は損失の程度を示す係数であり、 $l$ は通路の長さであり、 $d$ は通路の径である。 $g$ は重力定数である。

$$\Delta P_i / (\rho g) = \lambda (l / d) (v^2 / 2g) \quad \cdots (4)$$

## 【0049】

ここで、 $Re$ をレイノルズ数として、層流であれば $\lambda = 64 / Re$ であり、 $Re = vd / \nu$ 、 $\nu = \mu / \rho$ であるから、式(4)は式(5)と書ける。式中、 $\alpha$ は係数である。

$$\Delta P_i = \alpha \mu v \quad \cdots (5)$$

## 【0050】

(通路断面積の急縮小による圧力損失)

この圧力損失 $\Delta P_i$ について式(6)と書ける。式中、 $\zeta$ は損失の程度を示す係数である。

$$\Delta P_i / (\rho g) = \zeta (v^2 / 2g) \quad \cdots (6)$$

## 【0051】

したがって、式(6)は式(7)と書ける。式中、 $\beta$ は係数である。

$$\Delta P_i = \beta \rho v^2 \quad \cdots (7)$$

## 【0052】

(通路断面積の急縮小による圧力損失)

この圧力損失 $\Delta P_i$ について式(8)と書ける。式中、 $\xi$ は損失の程度を示す係数である。

$$\Delta P_i / (\rho g) = \xi (v^2 / 2g) \quad \cdots (8)$$

## 【0053】

したがって、式(8)は式(9)と書ける。式中、 $\gamma$ は係数である。

$$\Delta P_i = \gamma \rho v^2 \quad \cdots (9)$$

## 【0054】

(フィルタ本体4の隔壁を透過する際の圧力損失)

この圧力損失 $\Delta P_i$ について式(10)と書ける。これはエルガンの式として知られている。式中、 $k_1$ 、 $k_2$ は係数、 $\varepsilon$ は気孔率、 $S$ は多孔質体の表面積/体積、 $L^*$ は透過層の厚さである。

$$\Delta P_i / g = k_1 \left[ (1 - \varepsilon)^2 / \varepsilon^3 \right] S^2 L^* \mu v + k_2 \left[ (1 - \varepsilon) / \varepsilon^3 \right] S L^* \rho v^2 \quad \cdots (10)$$

10

20

30

40

50



## 【0055】

式(10)は、フィルタ本体4の隔壁について(差圧 $\Delta P_{iW}$ )と、PM堆積層について(差圧 $\Delta P_{iS}$ )とのそれぞれについて成立するので、式(11-1)、(11-2)と表せる。式中、LはPM堆積層の厚さである。

$$\Delta P_{iW} = \delta W \mu v + \eta W \rho v^2 \cdots (11-1)$$

$$\Delta P_{iS} = (\delta S \mu v + \eta S \rho v^2) L \cdots (11-2)$$

## 【0056】

差圧センサ54で検出される圧力損失は、前記各圧力損失 $\Delta P_i$ 、 $\Delta P_{iW}$ 、 $\Delta P_{iS}$ を加算したものと考えられ、前記式(3)が成り立つ。PM堆積量が多ければPM堆積層も厚くなるから、PM堆積量が多いほどM、Nは大きくなる。なお、圧力損失 $\Delta P_i$ 、 $\Delta P_{iW}$ 、 $\Delta P_{iS}$ の表式において、パティキュレートフィルタ32よりも上流、下流での流速の項を無視しているのは、パティキュレートフィルタ32内部での流速に比してごく小さいからである。

## 【0057】

また、 $L = aML$  とすれば式(12-1)、式(12-2)となる。

$$M = \alpha + \delta W + \delta S L = \alpha + \delta W + \delta S aML \cdots (12-1)$$

$$N = \beta + \delta S + \eta S L = \beta + \delta S + \eta S aML \cdots (12-2)$$

## 【0058】

式(12-1)、式(12-2)を式(13-1)、式(13-2)と書き換えると、式(3)は式(14)となる。A、B、C、Dは定数である。

$$M = A + BML \cdots (13-1)$$

$$N = C + DML \cdots (13-2)$$

$$\Delta P = (A \mu v + C \rho v^2) + (B \mu v + D \rho v^2) ML \cdots (14)$$

## 【0059】

式(14)を変形すると式(15)となる。

$$ML = [\Delta P - (A \mu v + C \rho v^2)] / (B \mu v + D \rho v^2) \cdots (15)$$

## 【0060】

ここで、図5の、遷移点堆積量のときを挟んで圧力損失 $\Delta P$ の変化率が異なることについて説明する。図7(A)、図7(B)、図7(C)は、パティキュレートフィルタ本体4の隔壁で排気微粒子の堆積が進行していく様子を示しており、この順に、PM堆積量が多くなる。

## 【0061】

図7(A)は排気微粒子が堆積していない新品若しくはパティキュレートフィルタ32を完全に再生した直後の状態であり、パティキュレートフィルタ本体4の隔壁を排気微粒子が透過する際における圧力損失は、パティキュレートフィルタ32の形状諸元で規定される。

## 【0062】

この状態から図7(B)に示すように、排気微粒子が、隔壁表面に堆積していく他、細孔に詰まっていき、圧力損失が増大するが、図中、矢印で示すように、排気ガスは細孔に向かうように流れていくので、細孔が詰まることが圧力損失の支配要因となる。

## 【0063】

細孔の多くが詰まり全面にPM堆積層が形成されると、今度は、図7(C)に示すように、PM堆積層の厚さが増大していくことになる。ここでは、隔壁全面を覆うPM堆積層が厚くなることが圧力損失の支配要因となる。

## 【0064】

このように、細孔の多くが詰まり、全面にPM堆積層が形成される遷移点の前の領域(第1の領域)と後の領域(第2の領域)とで圧力損失の支配要因が異なる。排気微粒子が詰まっていない状態では良好に流通が自在であった細孔が、排気微粒子が細孔で捕集されて細孔に詰まると、急激に圧力損失が増大するので、細孔の多くが詰まるまでは、前記図5

10

20

30

40

50

に示すように、PM堆積量に対する圧力損失の変化率は比較的、大きい（直線▲1▼）。一方、細孔の多くが詰まってしまった以降では支配要因がPM堆積層の厚さの増大に変わるから、PM堆積量に対する圧力損失の変化率は緩やかなものになる（直線▲2▼）。

#### 【0065】

式(14)は、PM堆積量に対して圧力損失が直線的に変化していく様子をよく記述するものであるが、遷移点を挟む支配要因の切り換わりを考慮すれば、A, B, C, Dは2種類用意し、これが異なる式を使い分けることで、広い範囲でPM堆積量を高精度に求めることができることになる。これが式(2-1)、式(2-2)である。式(2-1)のA<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>は第1の領域でA, B, C, Dを適合したものであり、式(2-2)のA<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>は第2の領域でA, B, C, Dを適合したものである。

10

#### 【0066】

本制御フローでは、この式(2-1)により算出した堆積量が基準値を越えるか否かを判断した後に、越えた場合には次ステップとして式(2-2)を用いて堆積量を算出する。しかし、本制御フローに限定されず、式(2-2)による判断に次いで式(2-1)による算出が行われてもよい。

#### 【0067】

また、基準値である、遷移点となる堆積量のデータは、予め実験的に求められて記憶されている。

20

#### 【0068】

なお、図8のように、酸化触媒が担持されていないフィルタ本体40の上流にフロースルーモノリス担体41が配置された触媒前置き構造のものでも、フロースルーモノリス担体41において管摩擦があり、フロースルーモノリス担体41の入口では急縮小が、出口では急拡大が生じることから、パティキュレートフィルタの構成によらず、圧力損失ΔPは式(2-1)、式(2-2)、式(14)と同様に表される。

#### 【0069】

ステップS104では、第1の領域に適合した式(2-1)によりPM堆積量MLを算出する。

#### 【0070】

ステップS105では、算出されたPM堆積量MLを遷移点のPM堆積量と比較し、PM堆積量MLが遷移点堆積量よりも小さいか否かを判定する。

30

#### 【0071】

肯定判断されると、ステップS106で、判定式  $PM堆積量ML \geq 基準堆積量ML_{th}$  が成り立つか否かを判定する。基準堆積量 $ML_{th}$ は、機関背圧や出力の低下がさほどでなくパティキュレートフィルタ32の再生をしないことが許容される堆積量の上限値を考慮して設定する。

#### 【0072】

ステップS106が否定判断されると、ステップS101に戻り、ステップS101以降の手順が実行される。

40

#### 【0073】

そして、パティキュレートフィルタ32において排気微粒子の堆積が進むと、ステップS105が否定判断されることになる。否定判断されるとステップS108に進み、遷移点以後の第2領域に適合した式(2-2)によりPM堆積量MLを算出する。これにより、より正確なPM堆積量が知られる。

#### 【0074】

そして、ステップS106が肯定判断されるとステップS107に進み、パティキュレートフィルタ32の再生を実施する。これは例えばポスト噴射等が用いられる。

#### 【0075】

このように、本排気ガス浄化装置では、PM堆積量を正確に知ることによって適正な時期にパテ

50

イキュレートフィルタ 32 の再生を実施することができるので、再生時期が早すぎて燃費が悪化したり、再生時期が遅すぎて内燃機関の出力の低下やパティキュレートフィルタ 32 の異常な昇温を招いたりすることを防止することができる。

#### 【0076】

しかも、式(2-1)、式(2-2)を記憶していればよいから、マップのようにデータが大規模化しない。

#### 【0077】

次に、ECU 51 で実行される別の制御フローを図 9 に示す。これは、パティキュレートフィルタ 32 の再生の実施中に実行される制御フローであり、再生の開始とともに実行される。ステップ S 201 ~ S 205 は、堆積量低下状態検出手段としての処理である。

10

#### 【0078】

まず、ステップ S 201 でタイマのカウントをスタートさせるとともに、ステップ S 202 で式(2-2)により PM 堆積量を算出し、これを変化前値  $ML_i$  とする。

#### 【0079】

ステップ S 203 ではタイマのカウント値  $t$  を予め設定した基準時間  $t_0$  と比較し、カウント値  $t$  が基準時間  $t_0$  に達したか否かを判定し、肯定判断、すなわち基準時間が経過すると、ステップ S 204 に進む。

#### 【0080】

ステップ S 204 では、式(2-2)により PM 堆積量を算出し、これを変化後値  $ML_f$  とする。

20

#### 【0081】

ステップ S 205 では、PM 堆積量の差分  $\Delta ML$  を式(16)により算出する。

$$\Delta ML = ML_i - ML_f \cdots (16)$$

#### 【0082】

ステップ S 206 は触媒劣化判定手段としての処理であり、差分  $\Delta ML$  をしきい値  $\Delta ML_0$  と比較し、差分  $\Delta ML$  がしきい値  $\Delta ML_0$  よりも小さいか否かを判定し、肯定判断されると、ステップ S 207 で警告灯 55 を点灯せしめ、本フローを終了する。ステップ S 206 が否定判断されると、ステップ S 207 をスキップして、本フローを終了する。

#### 【0083】

PM 堆積量の差分  $\Delta ML$  は、一定時間  $t_0$  内の PM 堆積量の低減量であり、再生の進行速度を示している。これはパティキュレートフィルタ本体 4 に担持した触媒が劣化していると遅くなる。例えば経時劣化により、図 10 のように走行距離が進むと漸次、遅くなる。

30

#### 【0084】

しきい値  $\Delta ML_0$  を、触媒が正常とみなせる差分  $\Delta ML$  の下限値(図中の触媒性能規定値に対応する)に設定することで、触媒の異常の発生や、交換すべき時期を適正に運転者に報知することができる。

#### 【0085】

なお、本制御フローはパティキュレートフィルタ 32 の再生開始とともに実行しており、また、再生は PM 堆積量が上限堆積量  $ML_{th}$  に達すると開始されるから、変化前値  $ML_i$  は略上限堆積量  $ML_{th}$  である。したがって、常に略同じ条件で PM 堆積量の低下状態を検出することができるが、PM 堆積量が予め設定した所定値になった時点でカウンタをスタートするようにしてもよい。この場合、カウンタをスタートさせる時の PM 堆積量を、上限堆積量  $ML_{th}$  よりもある程度小さな値に設定し、PM 堆積量の燃焼が十分に進行している状態で計測するようにしてもよい。この場合、カウンタをスタートさせる時の PM 堆積量が第 1 領域であってもよい。遷移点よりも前か後かで PM 堆積量の算出に用いる式を式(2-1)と式(2-2)とで切り換えるのは勿論である。

40

#### 【0086】

また、基準時間  $t_0$  後の PM 堆積量の変化をみるのではなく、再生中に、予め設定した PM 堆積量になった時点から、別の予め設定した PM 堆積量になる時点までの経過時間を

50

カウントし、この経過時間が基準の時間よりも長くなったら酸化触媒の劣化と判断するのもよい。

#### 【0087】

なお、本実施形態では、PM堆積量を、圧力損失 $\Delta P$ 、体積流量 $V$ 、DPF入口温度およびDPF出口温度から算出した粘度 $\mu$ および密度 $\rho$ に基づいて算出し、PM堆積量の大きさを再生が必要か否かを判定しているが、式(3)を利用するものであればよい。例えば、 $M$ 、 $N$ を再生が必要な基準のPM堆積量に対応する値として、 $\Delta P(v, \mu, \rho) = M\mu v + N\rho v^2$ を算出するようにし、判定式 $\Delta P \geq \Delta P(v, \mu, \rho)$ が成り立つか否かを判定する。再生が必要でなければ、 $\Delta P < \Delta P(v, \mu, \rho)$ で判定式は不成立であり、再生が必要であれば $\Delta P \geq \Delta P(v, \mu, \rho)$ で判定式は成立となる。

10

#### 【0088】

本実施形態では $\mu$ 、 $\rho$ を2つの温度センサにより検出したDPF入口温度およびDPF出口温度に基づいて算出しているが、いずれか一つの温度センサのみの温度に基づいて算出してもよい。この場合、検出温度に所定のオフセット温度を加減したものを、DPF温度としてもよい。あるいは、要求される仕様によっては、粘度 $\mu$ および密度 $\rho$ のいずれかひとつまたは両方を固定値とするのもよい。いずれか一つを固定値とする場合には、PM堆積量への依存性の小さいものの方を固定値とするのは勿論である。

#### 【0089】

また、式(1)では燃料噴射による体積流量の増分を考慮しているが、要求される仕様によっては式(1)の第1項を排気ガスの体積流量としてもよい。また、排気ガスの体積流量を、エアフローメータ52により検出された吸入空気量を用いて算出するのではなく、排気通路3に流速を検出するセンサを設けて、直接に流速を検出するのもよい。

20

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の排気ガス浄化装置を適用した内燃機関の構成図である。

【図2】前記内燃機関の各部を制御するECUで実行される制御内容を示す第1のフローチャートである。

【図3】内燃機関が排出する排気ガスの粘度と温度との関係の一例を示すグラフである。

【図4】内燃機関が排出する排気ガスの密度と温度との関係の一例を示すグラフである。

【図5】前記パティキュレートフィルタにおける排気微粒子の堆積量と圧力損失との関係を示すグラフである。

30

【図6】前記排気ガス浄化装置のパティキュレートフィルタ内部における排気ガスの流通を示す図である。

【図7】(A)、(B)、(C)は、それぞれ前記排気ガス浄化装置のパティキュレートフィルタに排気微粒子が堆積していく状態を示す堆積量の異なる図である。

【図8】別の構造を有するパティキュレートフィルタ内部における排気ガスの流通を示す図である。

【図9】前記内燃機関の各部を制御するECUで実行される制御内容を示す第2のフローチャートである。

【図10】走行距離と、パティキュレートフィルタの再生時の排気微粒子浄化速度との関係を示すグラフである。

40

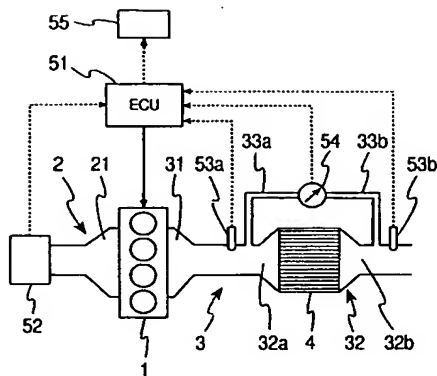
#### 【符号の説明】

- 1 エンジン本体
- 2 吸気通路
  - 21 吸気マニホールド
- 3 排気通路
  - 31 排気マニホールド
  - 32 パティキュレートフィルタ
    - 32a 入口
    - 32b 出口
- 4 本体

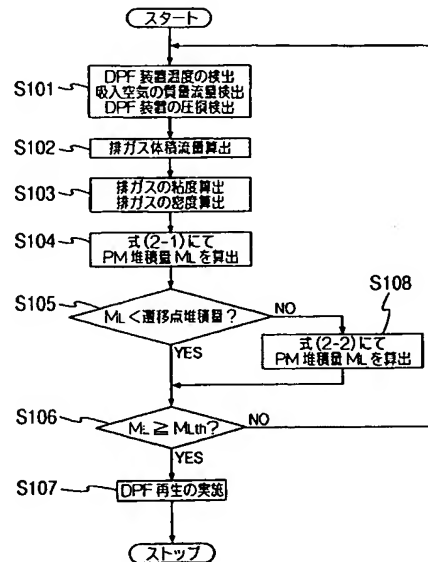
50

- 5 1 ECU（再生決定手段、補正手段、堆積量低下状態検出手段、触媒劣化判定手段）
- 5 2 エアフローメータ（吸入空気量検出手段）
- 5 3 温度センサ（温度検出手段）
- 5 4 差圧センサ（差圧検出手段）
- 5 5 警告灯

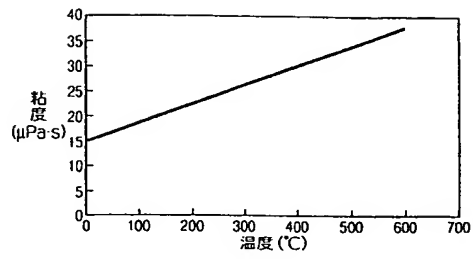
【図 1】



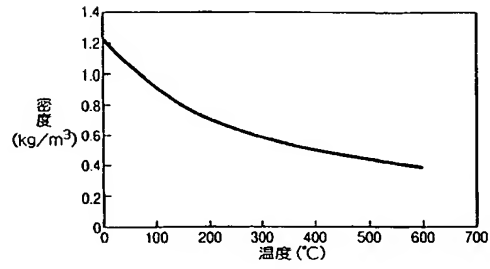
【図 2】



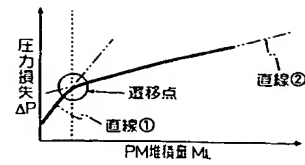
【図 3】



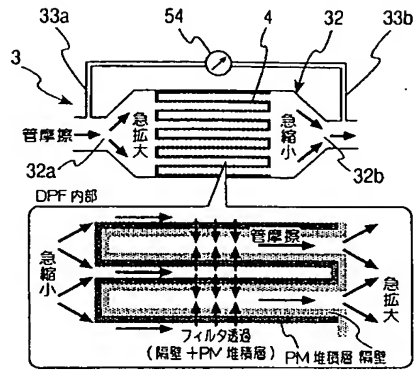
【図 4】



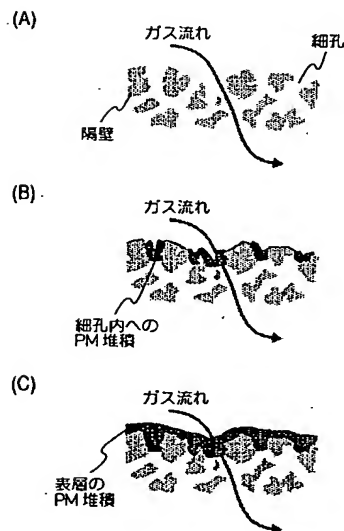
【図 5】



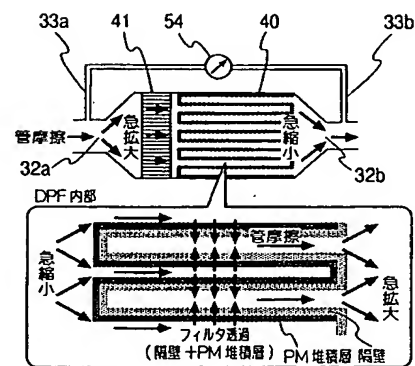
【図 6】



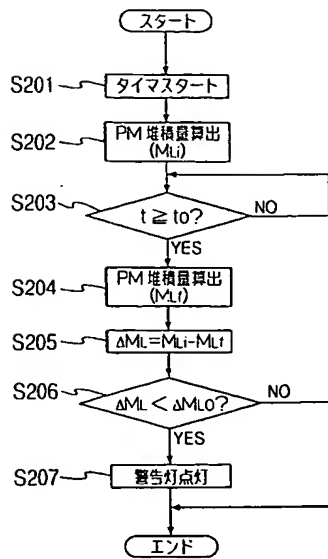
【図 7】



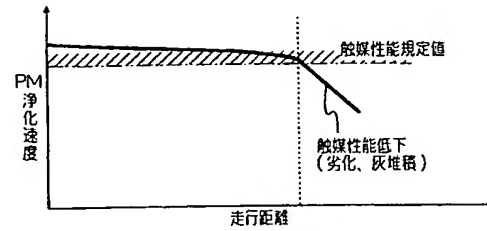
【図 8】



【図 9】



【図 10】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

// B 0 1 D 46/42

F 0 2 D 45/00 3 7 0 B

4 D 0 5 8

B 0 1 D 46/42 A

B 0 1 D 46/42 B

(72) 発明者 奥川 伸一郎

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

F ターム(参考) 3G084 AA01 BA24 DA27 EB02 EC04

3G090 AA03 BA01 CA01 DA04 DA13

3G091 AA18 AB02 AB13 BA13 BA14 BA19 BA33 DB10 DB13 EA05

EA08 EA18 EA21 EA32 FC01 GB05W GB06W HA36 HA37

3G301 HA02 JA00 JA15 JA24 JA33 MA11 NA09 PA01Z

4D019 AA01 BA05 BB06 BC07 CA01 CB04 CB09

4D058 JA32 MA44 MA52 PA04 PA05 SA08 UA13